

Penambahan Bahan Aditif *Polymer Poliarta* Untuk Meningkatkan Kuat Tekan Beton

Safrin Zuraidah¹⁾, Muhammad Khaidir²⁾, Wisnu Abiarto³⁾

¹⁾Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo Surabaya

²⁾Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo Surabaya

³⁾Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo Surabaya

email : Safrin.zuraidah@unitomo.ac.id, : m.haidir24@gmail.com, wisnu.abiarto@unitomo.ac.id

ABSTRAK : Tujuan penelitian ini adalah meningkatkan kuat tekan beton, yang dilakukan dengan memberikan zat aditif, diantaranya adalah *Polymer Poliarta* dan *Fly Ash*. Jumlah benda uji 27 sampel yang dibagi menjadi tiga jenis beton dengan kadar air 130Kg/m³, 150Kg/m³, 190Kg/m³, dengan kadar aditif 1.1%, 1%, dan 0%. Metode rancangan campuran (mix design) menggunakan British mix design method sesuai aturan SNI 03-2834-2000. Benda uji menggunakan zat aditif *Polymer Poliarta* konsentrasi 1% terhadap berat total semen dan fly ash, dengan kadar air 150 kg/m³ menghasilkan slump flow 61cm dan kuat tekan sebesar 191,82 Kg/cm² pada umur 1 hari, 380,63 Kg/cm² pada umur 7 hari dan 608,37 Kg/cm² pada umur 28 hari. Sedangkan untuk beton dengan kadar air 130 kg/m³ dengan zat aditif 1,1% menghasilkan slump flow 63cm dan kuat tekan 317,62 Kg/cm² pada umur 1 hari, 368,36 Kg/cm² pada umur 7 hari dan 641,96 Kg/cm² pada umur 28 hari. Beton dengan penambahan zat aditif *Polymer Poliarta* meningkatkan kuat tekan dibandingkan dengan beton normal namun memperlambat waktu ikat atau pengerasannya. Direkomendasikan penggunaan kadar air 130 Kg/m³ dan penambahan zat aditif *Polymer Poliarta* 1,1% dari berat total semen dan fly ash untuk mendapatkan kuat tekan yang optimum pada beton mutu tinggi.

Kata kunci: Beton mutu tinggi, *Polymer Poliarta*, *Setting time*, Kuat tekan.

1. Pendahuluan

Dalam pembangunan gedung-gedung bertingkat tinggi dan bangunan lainnya dibutuhkan beton dengan kekuatan tinggi. Peningkatan mutu beton dapat dilakukan dengan memberikan bahan pengganti atau bahan tambahan, dari beberapa bahan pengganti dan bahan tambahan yang ada, salah satu diantaranya adalah bahan aditif berupa zat kimia seperti *Polymer Poliarta* yang di Produksi oleh PT. Varia Usaha Beton. Dengan Harapan bahan aditif tersebut mampu mengoptimalkan kekuatan tekan beton serta mempermudah dalam waktu pengerjaan. berdasarkan tujuan, maka dilakukan penelitian yang bersifat eksperimental terhadap “Penambahan Bahan Aditif *Polymer Poliarta* Untuk Meningkatkan Kuat Tekan Beton”. Untuk mengevaluasi pengaruh Bahan Aditif *Polymer Poliarta* dalam campuran beton mutu tinggi Dengan Variasi kadar air yg berbeda.

Penelitian Terdahulu

Penelitian ini dilakukan berdasarkan dari beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya sebagai pedoman yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu:

Assabiil AF, 2016 “Variasi Penambahan *Fly Ash* Pada Campuran Beton Mutu K-500 Dengan Penambahan *Polimer Basic Policarboxilate*” menyatakan penambahan Zat aditif *Policarboxilate* sebanyak 1% dari berat semen dan kadar fly ash 40% mendapatkan hasil kuat tekan yang optimum sebesar 44,99 Mpa pada variasi fly ash 10%, 25%, 30%, 40%, 60%.

Annas A, 2016 “Pemanfaatan Mikrobakteri Terhadap Beton Mutu Tinggi Dengan Tambahan *Silica Fume*” menyatakan kuat tekan yang optimum yaitu dengan penambahan *silica fume* sebanyak 7,5% dan mikrobakteri

yang menghasilkan kuat tekan beton sebesar 69,71 Mpa pada variasi *silicafume* 0%, 5%, 7,5%, dan 10%.

Ariyani N dan Laia P, 2013 “Pengaruh Pemakaian *Fly Ash* Dan *Superplastiziser* Pada Kuat Tekan Beton” menyatakan Hasil kuat tekan paling optimum sebesar 55,95 Mpa dengan kadar *superplasticizer* 0,6% dari berat air dan kadar *fly ash* sebesar 20% pada variasi 0%, 10%, 15%, 20% dan 25%.

Danasi M dan Lisantono A, 2015 “Pengaruh Penambahan *Fly Ash* Pada Beton Mutu Tinggi Dengan *Silica Fume* dan *Filler Pasir Kwarsa*” menyatakan kuat tekan yang optimum yaitu dengan penambahan *silica fume* sebesar 10% dari berat semen dan kadar *fly ash* sebesar 5% yang menghasilkan kuat tekan beton sebesar 75,06 Mpa pada variasi *fly ash* 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25%.

Beton mutu tinggi

Beton mutu tinggi adalah beton yang memiliki kuat tekan lebih tinggi dibandingkan beton normal biasa. Menurut PD T-04-2004-C tentang Tata Cara Pembuatan dan Pelaksanaan Beton Berkekuatan Tinggi, yang tergolong beton bermutu tinggi adalah beton yang memiliki kuat tekan antara 40 – 80 MPa. Beton mutu tinggi (*high strength concrete*) yang tercantum dalam SNI 03-6468-2000 didefinisikan sebagai beton yang mempunyai kuat tekan yang disyaratkan lebih besar sama dengan 41,4 Mpa. Beton mutu tinggi bermanfaat pada pracetak dan pratekan. Pada bangunan tinggi mengurangi beban mati. Kelemahannya adalah kegetasannya.

Bahan Tambah (*Admixture*)

Bahan tambah (*admixture*) adalah bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton pada saat atau selama pencampuran berlangsung. Fungsi dari bahan

ini adalah untuk mengubah sifat-sifat dari beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu, atau untuk menghemat biaya.

Admixture atau bahan tambah yang didefinisikan dalam *Standard Definitions of Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates* (ASTM C.125-1995:61) dan dalam *Cement and Concrete Terminology* (ACI SP-19) adalah sebagai material selain air, agregat dan semen hidrolik yang dicampurkan dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung. Bahan tambah digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik dari beton misalnya untuk dapat dengan mudah dikerjakan, mempercepat atau memperlambat pengerasan, menambah kuat tekan, penghematan, atau untuk tujuan lain seperti penghematan energy.

Abu Terbang (*Fly Ash*)

Menurut ASTM C 618 abu terbang (*fly ash*) adalah butiran halus hasil residu pembakaran batu bara atau bubuk batu bara. *Fly ash* atau abu terbang mempunyai bentuk butiran partikel sangat halus sehingga dapat menjadi pengisi rongga-rongga (*filler*) dalam beton sehingga mampu meningkatkan kekuatan beton dan menambah kedapannya beton terhadap air serta mempunyai keunggulan dapat mencegah keretakan halus (*crack*) pada permukaan beton. Dengan pemanfaatan *fly ash* 15% - 40% terhadap berat semen, maka jumlah semen berkurang secara signifikan dan menambah kuat tekan beton. Pengurangan jumlah semen dapat menurunkan biaya material sehingga efisiensi dapat ditingkatkan.

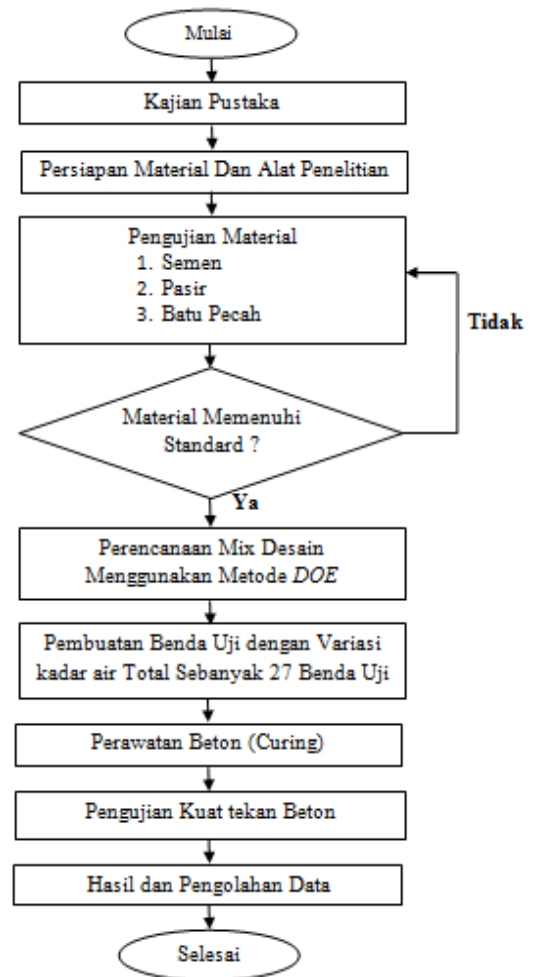
Zat Aditif (*Chemical Admixture*)

Chemical admixture (ASTM C 494), yaitu bahan tambah cairan kimia yang ditambahkan untuk mengendalikan waktu pengerasan (memperlambat atau mempercepat), mereduksi kebutuhan air, menambah kemudahan pengerjaan beton, meningkatkan nilai *slump* dan sebagainya.

2. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian ini, meliputi penyediaan bahan/material, pembuatan benda uji, pemeliharaan dan pengujian. Benda uji beton yang digunakan berbentuk silinder, dengan ukuran silinder diameter 15cm dan tinggi 30cm, serta cetakan kubus dengan ukuran 15 x 15cm untuk pengujian Setting Time. kuat tekan rencana K-500, Jumlah benda uji total 27 buah, dengan berbagai variasi kadar air yaitu 190 Liter untuk Beton Normal, 150 dan 130 Liter Untuk Beton dengan tambahan Zat Aditif *Polymer Poliarta* dengan kadar yang menyesuaikan untuk mencapai *slump flow* yang ditentukan yakni 60 cm . Kemudian diuji menggunakan test kuat tekan dengan variasi usia beton 1 hari, 7 hari, dan 28 hari. Tahapan Penelitian , sesuai diagram alir berikut ini Gambar 1.

Mix Design adalah proses merancang dan Pemilihan bahan yang cocok serta menentukan proporsi relatif dengan tujuan memproduksi beton dengan kekuatan tertentu, daya tahan tertentu dan seekonomis mungkin. Pada penelitian ini perencanaan mix design menggunakan metode DOE sesuai aturan SNI 03-2834-2000.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Pembuatan Benda Uji

Desain Benda Uji adalah Sebagai Berikut:

1. Jenis Benda Uji Terbagi tiga yakni Beton Normal K-500 dengan kadar air 190Kg/m³, Beton Tambahan Zat Aditif Polymer Poliarta dengan Kadar Air 150Kg/m³ dan 130Kg/m³
2. Benda Uji Berbentuk Silinder Ukuran 15x30 cm²
3. Bahan Aditif *Polymer Poliarta* Bersifat Cair
4. Persentase Bahan Aditif *Polymer Poliarta* \pm 1% dari berat total semen dan *fly ash*

Slump test (ASTM C 143 – 78 & SNI 1972-2008)

Tes ini dilakukan untuk mengukur *workability* dari campuran beton dan memperoleh keseragaman pemakaian air. Metode pengerjaannya dilakukan menggunakan alat kerucut besi dengan diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm dan tinggi 30 cm. Prosedur pengerjaannya dimulai dengan mengisi cetakan kerucut sampai penuh dengan Campuran beton. Dalam pengisiannya dibagi menjadi tiga bagian. Pada tiap bagian dipadatkan dengan alat rojokan sebanyak 25 kali secara merata. Setelah pemadatan pada lapisan terakhir selesai, ratakan permukaan benda uji dengan tongkat tunggu 30 detik, kemudian cetakan diangkat perlahan secara tegak lurus ke atas. Ukur benda uji yang runtuh akibat pengangkatan yang terjadi.

Slump Flow Test (The European Guidelines for Self-Compacting Concrete point 6.4.1)

Pengujian dengan alat slump cone bertujuan untuk menguji filling ability dari beton baik di laboratorium maupun di lapangan. Dengan alat ini dapat diketahui kemampuan campuran beton untuk mengisi ruangan.

Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kuat tekan beton yang telah mengeras Sesuai Variasi Kadar air dan Umur Beton yang ditentukan, dengan benda uji berbentuk silinder.

Proses pengujiannya dimulai dengan menimbang berat dari tiap Benda Uji Untuk kebutuhan Analisa Data lalu mengoleskan permukaan beton dengan belerang (*capping*), kemudian beton diangkat dari cetakan *capping* dan dilakukan tes kuat tekan beton.

Untuk perhitungan beton menggunakan rumus sebagai berikut :

➤ Kuat tekan :

$$f_c' = \frac{P}{A}$$

Dimana :

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas penampang benda uji (cm²)

3. Pembahasan Hasil Penelitian

Hasil pengujian material sebagai berikut :

Tabel 1.Hasil pengujian karakteristik agregat halus

No	Karakteristik agregat	Interval Spesifikasi	Hasil Pengujian
1	Kelembaban	< 6%	2,36 %
2	Berat Jenis	2,1 – 3,3	2,6
3	Resapan	< 4%	2,04
4	Berat Volume	1,25 – 1,59	1,45
5	Kadar Organik	< No. 3	No. 2
6	Kadar Lumpur	< 5%	1,69 %
7	Analisa Gradasi	-	Gradasi Zona 2

Sumber : Hasil Penelitian

Hasil Slump Test

Untuk pengujian slump test pada penelitian ini dilakukan beberapa kali sebelum dan sesudah Penambahan bahan zat additif pada saat pencampuran bahan penyusun beton. Nilai slump ditetapkan sebesar “0” sebelum penambahan zat additif dan Nilai *slump flow* ditetapkan sebesar “60” cm setelah penambahan zat additif.

Tabel 2.Hasil pengujian karakteristik agregat kasar 5/10

No	Karakteristik Agregat	Interval Spesifikasi	Hasil Pengujian
1	Kelembaban	< 2%	5,26 %
2	Berat Jenis	2,3 – 3,3	2,43
3	Resapan	< 2%	4,35
4	Berat Volume	1,35 – 1,75	1,40
5	Kadar Lumpur	< 5%	14 %
6	Analisa Gradasi	-	Gradasi max 10 mm

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 3.Hasil pengujian karakteristik agregat kasar 10/20

No	Karakteristik agregat	Interval Spesifikasi	Hasil Pengujian
1	Kelembaban	< 2%	4,17
2	Berat Jenis	2,3 – 2,75	2,51
3	Resapan	< 2%	4,71
4	Berat Volume	1,35 – 1,75	1,35
5	Kadar Lumpur	< 5%	5,1
6	Analisa Gradasi	-	Gradasi Max 20 mm

Sumber : Hasil Penelitian

Hal ini dilakukan untuk mendapatkan proporsi yang tepat untuk penambahan zat additif yang ditinjau dari nilai slump yang telah ditetapkan. Adapun hasil dari pengujian Slump dapat dilihat pada **Tabel 5.**

Tabel 4. Hasil Pengujian Nilai Slump

Jenis Beton	Penambahan	Proporsi (%)	Proporsi (Liter)	Nilai Slump (Cm)	
				Hasil	Keterangan
Beton Normal (Kadar air 190)	Air	-	10	12	OK
Beton Polymer (Kadar air 150)	Zat Additif Polimer	1%	0,318	61	OK
Beton Polymer (Kadar air 130)	Zat Additif Polimer	1,1%	0,349	63	OK

• Hasil Setting Time

Setting time adalah pengaturan atau penentuan waktu ikat pada beton.

Secara umum waktu setting dibagi menjadi 2, yaitu:

1. Waktu awal (*initial setting*) adalah proses dimana pengikatan atau proses hidrasi sudah terjadi dan panas hidrasi sudah muncul, serta workability beton sudah hilang.

2. Waktu total (*final setting*) adalah kondisi dimana beton sudah mengeras sempurna.

Tabel 5. Hasil *setting time* beton normal (Kadar air 190 kg/m³) Slump 12cm dan Fas 0,38

No	Waktu Uji	Kumulatif Waktu (Jam)	Tekanan Jarum	Tekanan (Psi)	Keterangan
1	15:30	0	0	0	Penetrasi Jarum 1/20"
2	16:30	1	0	0	
3	17:30	2	0	0	
4	18:30	3	17	340	
5	19:00	3,5	20	400	
6	19:30	4	27	1080	Penetrasi Jarum 1/40"
7	20:30	5	52	2080	
8	21:30	6	86	3440	
9	22:00	6,5	168	6720	

Waktu ikat awal = 4 jam

Waktu ikat total = 6 jam 30 menit

Tabel 6. Hasil *setting time* beton polimer (Kadar air 150 kg/m³) Slump flow 61cm dan Fas 0,3

No	Waktu Uji	Kumulatif Waktu (Jam)	Tekanan Jarum	Tekanan (Psi)	Keterangan
1	11:30	0	0	0	Penetrasi Jarum 1/20"
2	12:30	1	0	0	
3	13:00	1,5	6	120	
4	14:00	2,5	6	120	
5	15:00	3,5	10	200	
6	15:30	4	12	240	
7	17:00	6	23	460	
8	18:30	6,5	30	600	Penetrasi Jarum 1/40"
9	19:00	7	48	960	
10	20:00	8	72	1440	
11	20:30	8,5	112	2240	

Waktu ikat awal = 6 jam

Waktu ikat total = 8 jam 30 menit

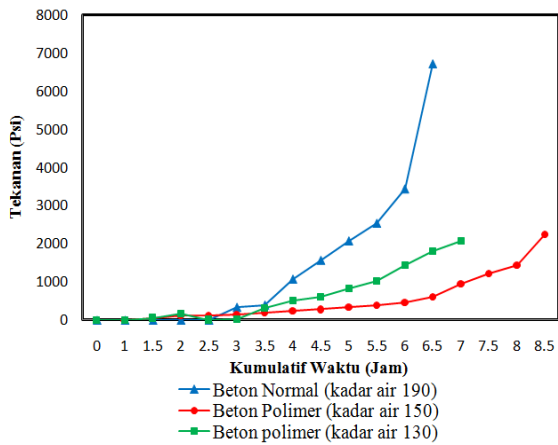
Tabel 7. Hasil *setting time* beton polimer (Kadar air 130 kg/m³) Slump flow 63cm dan Fas 0,26

No	Waktu Uji	Kumulatif Waktu (Jam)	Tekanan Jarum	Tekanan (Psi)	Keterangan
1	11:00	0	0	0	Penetrasi Jarum 1/20"
2	12:00	1	0	0	
3	13:00	2	8	160	
4	14:30	3,5	16	320	
5	15:00	4	26	520	Penetrasi Jarum 1/40"
6	16:00	5	30	600	
7	16:30	5,5	51	1020	
8	17:30	6,5	90	1800	
9	18:00	7	104	2080	

Waktu ikat awal = 4 jam, Waktu ikat total = 7 jam

Berdasarkan hasil yang didapat dari pengujian setting time pada masing-masing benda uji, dibuatlah grafik untuk mengetahui perbandingan nilai setting time pada tiap benda uji dengan variasi kadar air yang berbeda.

Berdasarkan hasil dari Gambar 2, menunjukkan bahwa beton normal dengan kadar air 190 kg/m³ memiliki waktu pengikatan lebih singkat dibandingkan beton dengan penambahan zat aditif polymer poliersta sebesar 1,1% kadar air 130 kg/m³, dan beton dengan penambahan zat aditif polymer poliersta sebesar 1,% kadar air 150 kg/m³ yang memiliki waktu pengikatan paling lama. Peningkatan waktu ikat beton normal terhadap beton dengan tambahan zat aditif 1,1% (kadar air 130 kg/m³) sebesar 7,14% sedangkan pada beton dengan tambahan zat aditif 1% (kadar air 150 kg/m³) sebesar 23,53%.



Gambar 2. Grafik perbandingan setting time beton

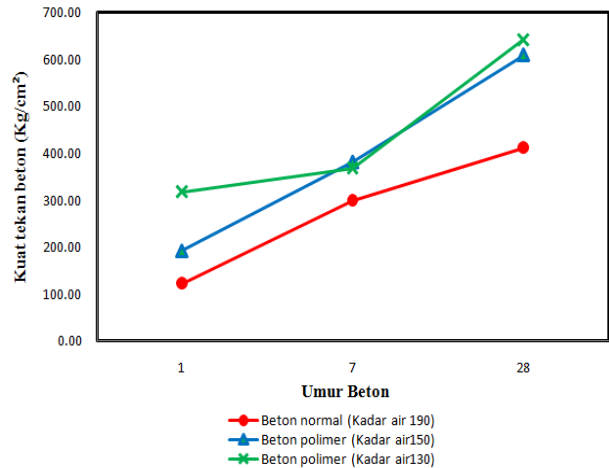
Hasil kuat tekan beton

Tabel 8. Hasil Kuat Tekan Benda Uji

Jenis Beton	Umur (Hari)	Berat (Kg)	Beban Tekan (KN)	Kuat Tekan (Kg/cm ²)	Kuat Tekan Rata – Rata (Kg/cm ²)
Normal	1	12,1	168	116,76	121,63
		12,2	169	117,45	
		12,3	188	130,66	
	7	12,6	352	244,64	298,85
		12,5	483	335,69	
		12,6	455	316,23	
	28	12,9	657	456,62	411,21
		12,9	509	353,76	
		12,8	609	423,26	
Polimer (Kadar Air 150)	1	12,7	282	195,99	191,82
		12,7	279	193,90	
		12,7	267	185,56	
	7	12,8	538	373,91	380,63
		12,9	554	385,03	
		12,8	551	382,95	
	28	12,8	867	602,57	608,37
		12,8	881	612,30	
		12,8	878	610,22	
Polimer (Kadar Air 130)	1	12,7	442	307,19	317,62
		12,8	474	329,43	
		12,9	455	316,23	
	7	12,9	524	364,18	368,36
		12,9	499	346,81	
		13,1	567	394,07	
	28	12,7	857	595,62	641,96
		12,8	1018	707,52	
		12,9	896	622,73	

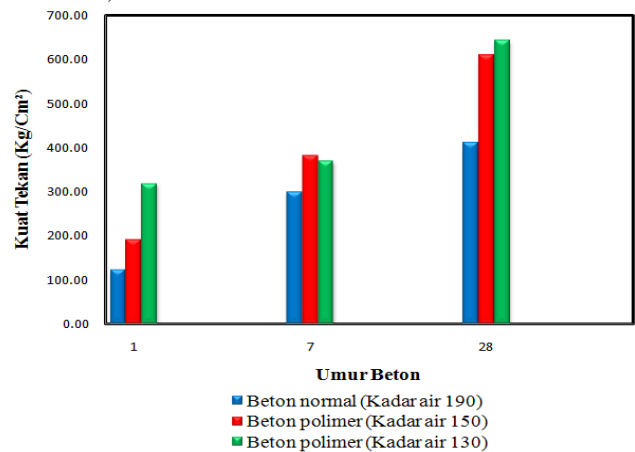
Sumber : Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil yang didapat dari pengujian kuat tekan pada masing-masing benda uji, dibuatlah grafik serta diagram untuk mengetahui peningkatan kuat tekan terhadap umur beton dan perbandingan nilai kuat tekan pada tiap jenis benda uji dengan variasi kadar air yang berbeda.



Gambar 3. Grafik peningkatan kuat tekan beton

Dari Tabel 8 dan grafik pada Gambar 3, dapat dilihat bahwa kuat tekan beton meningkat seiring dengan umur beton. Untuk beton normal kadar air 190 kg/cm³ pada umur 7 hari mengalami peningkatan kuat tekan mencapai 59,30% dan pada umur 28 hari mencapai 70,42%. Sedangkan beton kadar air 150 kg/cm³ yang ditambahkan 1% zat aditif polymer poliarta, peningkatan kuat tekan pada umur 7 hari sebesar 49,60%, dan pada umur 28 hari sebesar 68,47%. Adapun untuk beton kadar air 130 kg/cm³ yang ditambahkan 1,1% zat aditif polymer poliarta mengalami peningkatan kuat tekan pada umur 7 hari sebesar 13,77%, dan pada umur 28 hari sebesar 50,52%.



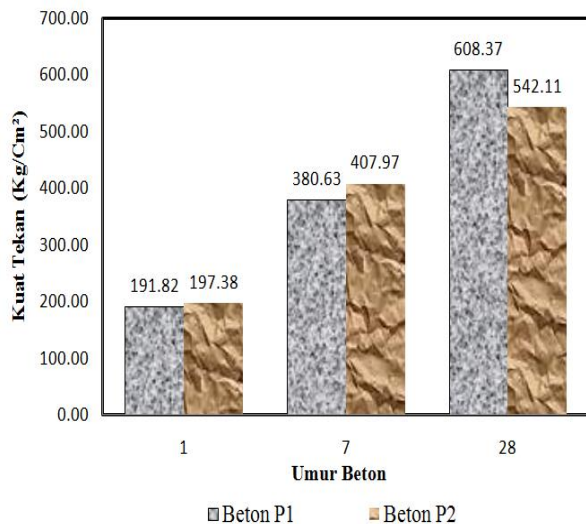
Gambar 4. Diagram perbandingan kuat tekan beton

Dari hasil Tabel 8 dan Gambar 4, menunjukkan bahwa beton yang ditambahkan dengan zat aditif polymer poliarta lebih tinggi kuat tekannya dibandingkan dengan beton normal. Ditinjau pada umur beton 28 hari, Beton polymer kadar air 130 kg/m³ mengalami peningkatan sebesar 35,94% dari beton normal sedangkan untuk beton polymer kadar air 150 kg/m³ mengalami

peningkatan sebesar 32,40%. Hal ini menyatakan beton dengan penambahan zat aditif polymer poliarta 1,1% kadar air 130 kg/m³ memiliki kuat tekan paling tinggi dibandingkan beton dengan penambahan zat aditif polymer poliarta sebesar 1% kadar air 150 kg/m³, dan beton normal kadar air 190 kg/m³ yang memiliki kuat tekan paling rendah.

Perbandingan hasil penelitian dengan penelitian terdahulu

Setelah hasil kuat tekan yang didapat, dilakukan perbandingan dengan penelitian sebelumnya. Perbandingan dengan penelitian Azmi Fikri Assabiil tahun 2016.



Gambar 5. Diagram perbandingan kuat tekan beton antara P1 dan P2.

Dimana :

- P1 = Beton penelitian ini (Kadar air 150 Kg/m³, Fly ash 40%, dan proporsi zat aditif Polymer poliarta 1% dari berat total semen dan Fly ash)
- P2 = Beton penelitian milik Azmi Fikri Assabiil (Kadar air 150 Kg/m³, Fly ash 40%, dan proporsi zat aditif Polycarboxilate 1% dari berat semen)

perbandingan ini berdasarkan proporsi kadar air yang sama yaitu 150 kg/m³ namun dengan total kadar semen dan fly ash serta proporsi penambahan zat aditif yang berbeda, yaitu total kadar semen dan fly ash sebesar 500 kg/m³ untuk Beton P1 dan 550 untuk beton P2 sedangkan penambahan zat aditif sebesar 5 Kg/m³ yang didapat dari 1% berat total semen dan Fly ash (500 Kg/m³) untuk beton p1 dan 3,3 Kg/m³ dari 1% berat semen (500 Kg/m³) untuk beton p2. Hasilnya menyatakan kuat tekan pada beton p1 lebih tinggi sebesar 10,9% dibandingkan dengan beton p2 pada umur yang ditinjau yaitu umur beton 28 hari. Perbedaan kuat tekan beton di akibatkan oleh proporsi penggunaan zat aditif Polymer poliarta dan kadar semen serta fly ash yang berbeda.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dari hasil penelitian ini, disimpulkan bahwa:

Beton dengan penambahan zat aditif polymer poliarta dengan proporsi yang tepat untuk mengurangi kadar air mampu meningkatkan kuat tekan namun memperlambat waktu ikat (pengerasan) pada beton. Direkomendasikan penggunaan kadar air sebesar 130 Kg/m³ dan proporsi penambahan zat aditif polymer poliarta sebesar 1,1% dari berat total semen dan fly ash untuk mendapatkan kuat tekan yang optimum pada beton mutu tinggi.

5. Daftar Pustaka

- ACI SP-19, Cement and Concrete Terminology, American Concrete Institute, 1985.
- Adam M. Neville, *Admixture of Concrete*, United Kingdom, 1995
- Aprilianti, Seti., Nadia. 2012. *Analisa Pengaruh Beton dengan Bahan Admixture Naphtalene dan Polycarboxilate Terhadap Kuat Tekan Beton Normal*. Jakarta: Jurnal Konstruksia, Volume 3 Nomer 2, April 2012.
- Ariyani N dan Laia P, 2013. Pengaruh pemakaian fly ash dan superplastisizer pada kuat tekan beton. Penelitian Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik. Universitas Kristen Immanuel, Yogyakarta.
- ASTM C 494, *Standart Specification For Chemical Admixture For Concrete*, 1999.
- ASTM C 33-03. *Standart Specification For Concrete Agregat*, 2003.
- BIBM., CEMBUREAU., EFCA., EFNARC., ERMCO. 2005.
- The European Guidlines for Self-Compacting Concrete*. United Kingdom: The Self-Compacting Concrete European Project Group, May 2005.
- Development of the Environment (DOE) 1975, *Design of Normal Concrete Mixes*. Building Research Establishment.
- Dipohusodo, Istimawan. 1994. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Gramedia pustaka utama.
- Edward G. Nawy. *Fundamentals of High Performance Concrete*, 1st ed.Ch.12. Longman, United Kingdom, 1996.
- EFNARC. 2002. *Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete*. Surrey, GU9 7EN, United Kingdom: EFNARC, February 2002
- Fikri Azmi Assabiil. 2016. *Variasi Penambahan Fly Ash Pada Campuran Beton Mutu K-500 Dengan Penambahan Polimer Basic Polycarboxilate*. Penelitian Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik. Institut Adhi Tama. Surabaya.

- Marsianus Danasi dan Ade Lisantono, 2015. Pengaruh Penambahan fly ash pada beton mutu tinggi dengan silica fume dan filler pasir kwarsa. Penelitian Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik. Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.
- Mulyono, Tri. 2003. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- PBI 71. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*. Bandung: Lembaga Penyelidik Masalah Bangunan.
- PT. Varia Usaha Beton. 2015. *Pelatihan Teknologi Beton untuk Praktisi*. Gresik: PT. Semen Gresik (persero), Tbk.
- SK SNI T-15-1991-03, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk bangunan Gedung. Yayasan LPMB, Bandung, 1971
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-2834-2000. *Tata Cara Pembuatan Campuran Beton Normal*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Standart Nasional Indonesia (SNI) 03-1750-1990. *Mutu dan Cara Uji Agregat Beton*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Industri Indonesia (SII) 0013-1981. *Mutu dan Cara Uji Semen Portland* Departemen Perindustrian Indonesia, 1981.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan